牽引式落花生收穫機之研製試驗[1]

陳加忠　陸龍虎　周廷弘[2]

摘要：爲促使落花生收穫作業機械化，農試所著手開發一種曳引機承載單畦牽引式落花生收穫機。此種收穫機之特殊設計爲莖蔓切割機構和振動犁。此機之作業方式爲利用切蔓刀自主根切除花生莖蔓，以振動犁挖掘花生莢，再利用輸送鏈條清潔雜物。此機型設計時特點爲結構簡單，成本低廉，容易操作，經局部調整可適用其他淺根類作物之收穫工作。

關鍵詞：牽引式，花生收穫機，振動犁

落花生爲本省主要的雜糧作物，栽培面積近於五萬公頃左右，在生產作業體系中，由於缺乏適用的收穫機械，因此形成一貫機械化作業的瓶頸，依農林廳雜糧生產成本調查報告，每公頃收穫所需之工資高達兩萬元以上，占總人工成本之半數，因此落花生收穫機械之需求十分孔急。

日本落花生收穫機械開發以小農地使用爲主，先以中耕機附掛單斜面犁挖鬆花生植株，全束花生在田間經人力鬆除泥土後推積至一定高度曝曬，經日光乾燥至含水率濕基20%以下時，再以打擊式脫莢機進行脫莢作業[1]。美國落花生收穫作業爲兩段式[7]，先以挖掘機構（digger-windower）將花生植株挖起並翻覆於田間。在花生含水率低至18—25%（濕基）時，以另一種聯合脫莢機（Combines）進行田間直接脫莢作業。近年來，加拿大 Delhe 農業研究站開發一種一段式收穫之落花生收穫機構[6]。此機型爲曳引機承載式，可將落花生植株自挖掘至收集一貫化處理。此機型自初型機開發後，曾在不同地型與氣候下進行五年六十公頃的田間耐久試驗，再移轉予廠商完成商品機。此種機型田間作業效率約60%，作業能力每小時0.15公頃，其售價約爲七千美元（由一萬元加拿大幣折算）。此機型之應用對象並非美洲大陸傳統栽植之維吉尼亞大粒種，而是同於臺灣慣植之西班牙小粒種。

國內落花生收穫機之研究自民國五十九年開始，一向以一次收穫之聯合收穫機爲設計取向。臺灣省農業試驗所自七十三年度起以省府預算經費進行兩段式落花生收穫機之研究，其設計構想係利用曳引機牽引式落花生收穫機，使切蔓挖掘、清潔和收集等作業一貫化，另專研可減低損傷率之脫莢機，以避免黃麴毒素之感染[1,2]，並利用振動犁之觀念進行落花生挖掘工作，然而此研究因多種因素並未持續執行。近年來，雖有履帶型落花生聯合收穫相繼問世，並進入商品化販售推廣之階段。但是此型收穫機在試驗機與商品機中間階段初型機之田間耐久試驗（在不同田間和氣候下進行長久測試）從未著手執行建立資料，在成本之估算亦有嚴重錯誤[5]，使此型收穫機之適用性缺乏證實，在推廣階段也容易有高故障率之情況發生。另外在作業成本方面，由於此型聯合收穫機作業能力低劣，售價昂貴，每公頃之作業成本極高，無法與人工採收之費用相比[3]，造成了推廣之困難。兩段式落花生收穫方式又開始爲研究界所重視[4]，並進行有關之研究。

此篇論著之目的在於介紹農試所農機系於73年度起兩年內有關曳引機承載牽引之落花生收穫機研究，並對其重要之研究成果振動挖掘犁加以描述，期能提供研究者參考之用，並希望此種研究成果推

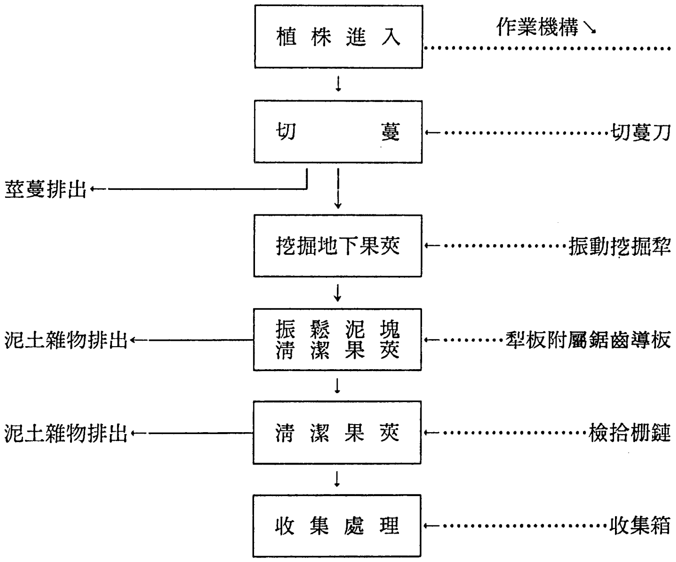
1. 臺灣省農業試驗所研究報告第 1565 號。
2. 本所農工系副研究員、助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

廣應用至其他根類作物之挖掘收穫作業，使此型收穫機年作業面積增加而降低單位面積作業成本。由於此型收穫機之研究係處於實驗機之階段，本文之內容不在於各種機構規格詳細數值或圖型之描述，而是著重於各機構之設計構想和試驗結果之討論。

機件結構

此型曳引機承載牽引式落花生收穫機之全體結構如圖1所示。其主要構件可分為(A)扶蔓導板，(B)動力傳送機構，(C)切蔓裝置，(D)振動掘取犁，(E)振動產生機構，(F)檢拾柵鏈，(G)裝箱機構。此機體之設計構想主要為(1)利用切蔓刀於田間先去除花生莖蔓，減輕收穫對象於收穫機構內流通之負荷；(2)利用振動挖掘犁，一方面節省所需能量[7]，一方面有部份清潔除雜作用；(3)利用迴轉式柵鏈進行清潔去土工作。收穫落花生植株之作業流程和作業機構如表一所示。

表一　落花生植株於收穫機內之作業流程和作用機構



各主要構件之機構描述如下：

(A)扶蔓裝置

此裝置位於曳引機座位底下，用以扶取倒伏之花生莖蔓，避免因受後輪的碾壓而影響切蔓性能。

(B)動力傳遞裝置

此裝置利用水稻田整地用迴轉犁修改而成。利用三點連接裝置以承載於曳引機以上。原機只有左側邊驅動，在此研究中改裝為兩側皆可驅動。左側之動力利用鏈條輸送以驅動振動挖掘犁。右側動力利用皮帶以驅動切蔓裝置和檢拾柵鏈。此機體示意圖如圖 2 所示。

(C)切蔓裝置

於裝置主架按裝2支水平迴轉切蔓刀（圖3），其迴轉方向相反，可左右向兩側排蔓，每支切蔓寬55公分，合計總切寬110公分，並於切蔓刀上焊接輔助排蔓刀以防莖蔓過多影響迴轉軸正常運轉，其工作轉速1,650－2,000r.p.m。

(D)振動挖掘犁

此為V字型犁，並加裝深淺幅調節輪，振動頻率分320c/min、410c/min兩種。實際振幅3.3cm，實際犁寬86 cm，並裝設犁起角度控制裝置及鋸齒導桿。其構造如圖4。

(E)振動產生裝置

此裝置係利用偏心輪（Cam）運轉原理，使犁板產生不規則之振動（圖5－A）。其示意圖如圖6。由於左邊主驅動軸承之軸心爲偏心運轉，帶動右側之承受犁軸。因爲犁軸上方軸承固定方式，犁板因此前後不規則振動。由機動學原理可繪V型犁之運動軌跡如圖7。由此軌跡可知，犁板以5/8之週期進行挖掘作業，後3/8週期行清潔後送作業。在挖掘時段，犁面作業時間長，速度慢。由於動力爲作用力和速度之乘積，在速度慢時，其作用力大，恰可適用挖掘作業以克服土壤阻力。在後段週期時間短，速度快，適用於挖掘完成之揚起清潔作業。

(F)檢拾柵鏈（圖9）

檢拾輸送柵鏈寬90公分，係使用60＃鏈條並於其上每隔76m/m，安裝直徑15m/m，長83.5公分之圓管共39支，並於圓管上每隔122m/m，焊接高110m/m，直徑1/4吋之圓鐵的檢拾齒，檢拾輸送柵鏈與地面成40°角檢拾輸送。

(G)裝箱機構

此機構係利用導引板（圖9－A）以避免花生莢因離心力而逸出機體。收集部份（圖9－B）係以水果包裝用果籃爲收集箱，集滿後可輕易搬離田區。

材料與方法

一、實驗材料與地點

本機田間性能試驗於農試所試驗田區實施，落花生品種爲臺南9號。

二、田間試驗作業性能

此收穫機以兩種前速度（0.36，0.47m/s），兩種檢拾柵鏈輸送速度（0.4，0.5m/s），在四種不同土壤含水率之田間狀況下作業，以40馬力之曳引機爲牽引母機。每次進行三種覆試驗。實驗之田間作業性能之主要之測定項目有三種：實收穫率，未檢拾損失率與迴繞遺落損失率，其定義如下：

(一)實收穫率

此爲收集裝置內所收集落花生莢重與所有實際落花生產量之重量比值。

(二)未檢拾損失率

此爲落花生果莢經挖起後未進入收穫機體內進行清潔工作而遺落於地面之損失比例。

(三)迴繞遺落損失率

此爲落花生果莢經清潔輸送柵鏈達到去土清潔作用後，未落入收集箱而又隨輸送柵鏈迴繞落於田間之損失比例。

三、田間測定方法

在每次試驗階段，以一畦之寬度（約1公尺）爲基準，測定之長度爲15公尺，分別量測此15平方公尺內之落花生收集量，迴繞損失量，並檢拾計算未檢拾之果莢全量（包括地下埋沒部份）。以此三者總和爲總收穫量，再分別計算實收穫率，未檢拾損失率與迴繞損失率。所得數據（三重覆）在不同條件下之影響顯著性以變方分析統計技術加以執行。

試驗結果與論

一、機體各部結構之性能

(一)切蔓裝置

此裝置於田間之作業性能良好，但切蔓效率受到花生植株成長角度影響，過度倒伏之莖蔓將影響切割性能，因此此設備需有作物條件配合。切蔓挖掘之果莢與原植株之比較如圖10。

(二)振動挖掘犁

在田間挖掘作業時，此振動犁之振動軌跡運作合乎要求，因此此型之設計更可適用於淺根類之作物如大蒜、芋頭等。在耐久性能方面，因為振動犁板板受到動力傳軸兩端之驅動，在中間軸心因應力集中而產生輕微彎曲。驅動軸承承接銲接部份亦易產生裂痕，顯示振動犁之結構強度要求比一般挖掘犁更高，此為設計參數選定時必須考慮之項目。

㈢檢拾柵鏈

檢拾柵鏈因其長度影響，在田間作業時亦隨地形上下振動，使清潔作用增大。但是隨機體之空間限制，柵鏈之長度增長雖增加清潔能力，但亦增加機體操作之困難。此為本省小田區地形對農機發展之限制。國外之根類作物挖掘如落花生、馬鈴薯與甘藷等都具有龐大體積之清潔輸送裝置，以增加作業能力。日本小機具之發展係以挖掘器為主，挖掘後之作物仍置於田間以人力檢拾並兼清潔工作。本省此型農機具之開發研究在此受到作業環境之限制，克服方式應自田區大小之調整著手。

二、田間作業性能

此作業機之田間作業性能測定結果如圖11。

㈠實收穫率

由變方分析之結果顯示土壤水份，前進速度與輸送柵鏈速度均對收穫率有顯著影響。高含水率之土壤（13.5～14.5%）有較高之收穫率。前進速度和輸送速度愈高，收穫率愈好。

㈡未檢拾損失率

在低前進速度和低輸送柵鏈速度之情況，振動犁挖起之花生主果莢並未能夠後送至後部機體，柵鏈亦未有足夠速度加以檢拾。在高前進速度和高柵鏈檢拾速度之條件下，挖起之花生莢能順利進入清潔機構，因此此類損失降至最低。土壤含水率對未檢拾損失率之影響不明確。

㈢迴繞遺落損失率

收穫機前進速度對此項性能並無顯著效應。土壤含水率未有顯著影響。然而檢拾柵鏈迴轉速度之影響極大。高迴轉速度造成迴繞遺落率之增加，其原因可能檢拾齒彎曲角度有關，今後宜改變其角度著手改良。

綜合上述結果可知前進速度之增加可降低未檢拾損失率。輸送鏈條迴轉速度之增加率雖然提高了2%左右的迴繞損失，但顯著的降低未檢拾損失率（5～6%），因此提高了總實收穫率。此結果可為同型根類作物收穫機參考之用。

三、專用機與兼用機之適用性

在歐美和日本各型的收穫機械開發研究中，以穀物之專用聯合收穫機構最為複雜，成本昂貴，但其作業能力亦強大。在根類作物收穫方面，則以曳引機附屬農具開發為主，此種機構工作能力偏低，但因機體簡單，成本低廉，泛用性廣，也為農業界所接受利用。在農機作業成本之研究中[3]，單位面積作業成本之主要影響因子為購買成本和作業能力。對於兩大型態的收穫機具而言，穀物收穫之專用機其成本高昂，但因作業能力強，合乎經濟成本之考慮要求。根類作物之附屬農具型收穫機具，作業能力雖然不高，但其成本十分低廉，亦合乎經濟性要求。國內落花生收穫用專用機其成本高，作業能力低，又未通過耐久試驗之考驗[3]，其推廣工作之困難，以機械化作業體系之觀點來看是可預期之事，因此國內各種作物機械化作業體係之規劃應著手建立，以做為農機研究開發之參考。對收穫機械開發之型式亦應預先以經濟成本加以分析決策。此研究之落花生收穫機具有機體簡單，成本低廉之特點，應是值得繼續加以研究發展。在一次收穫之機型開發方面，加拿大之收穫機其作業對象為與本省相同之西班牙小粒種，因此亦值得引進參考。

圖 1　曳引機牽引式落花生收穫機之結構

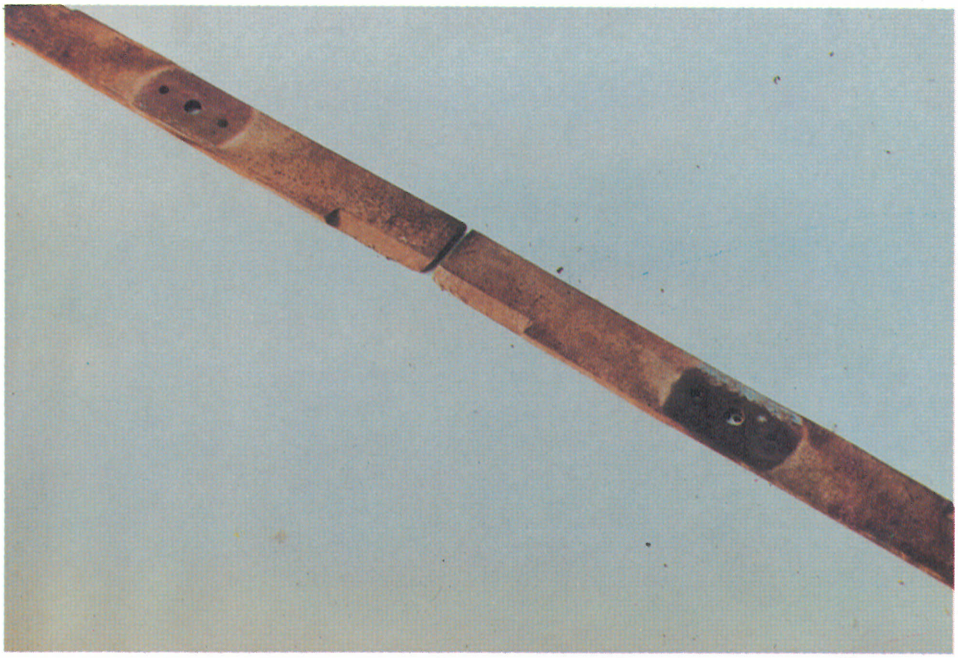


圖 3　雙片式切蔓刀

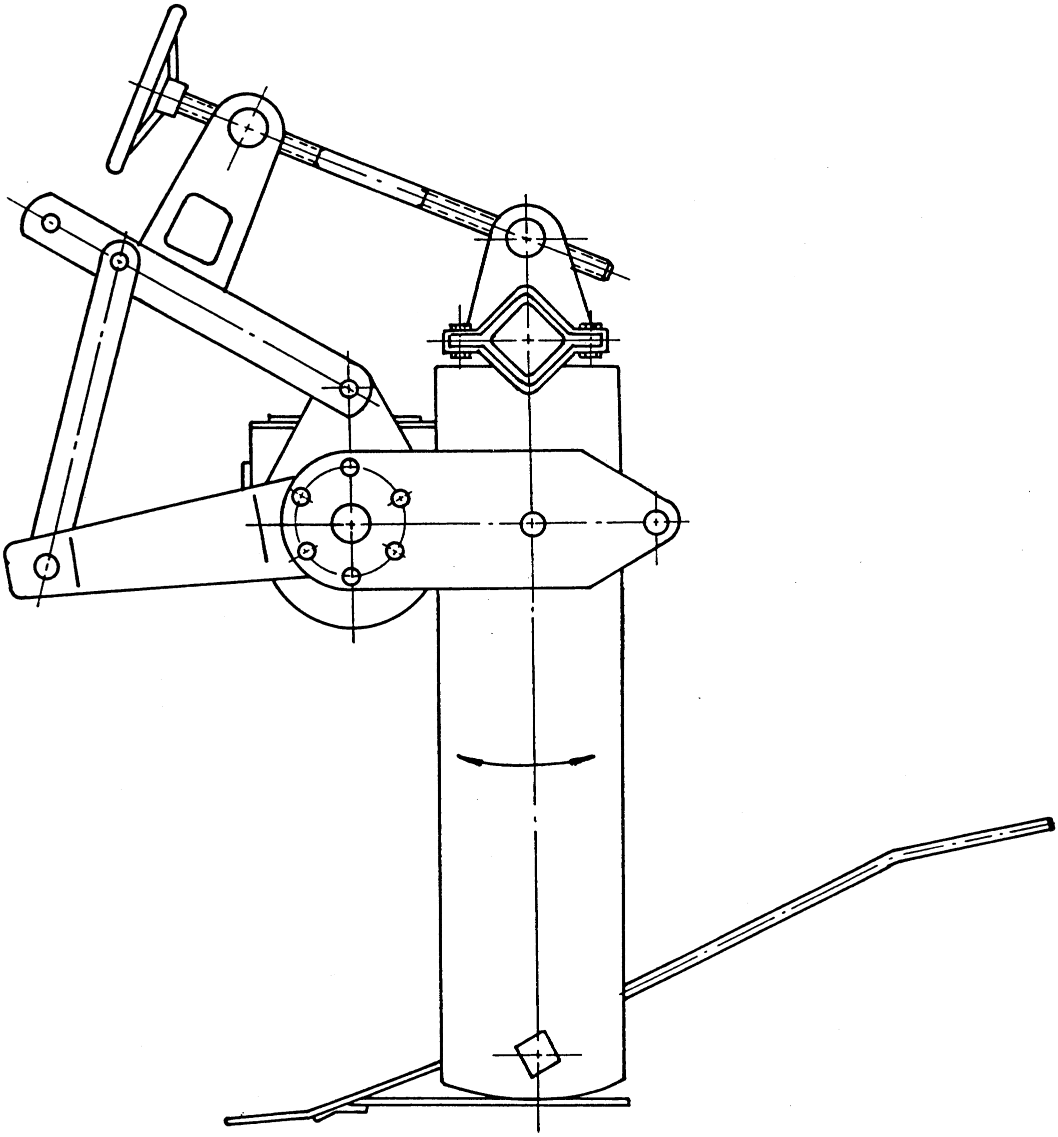


圖 2 動力傳送機構示意圖

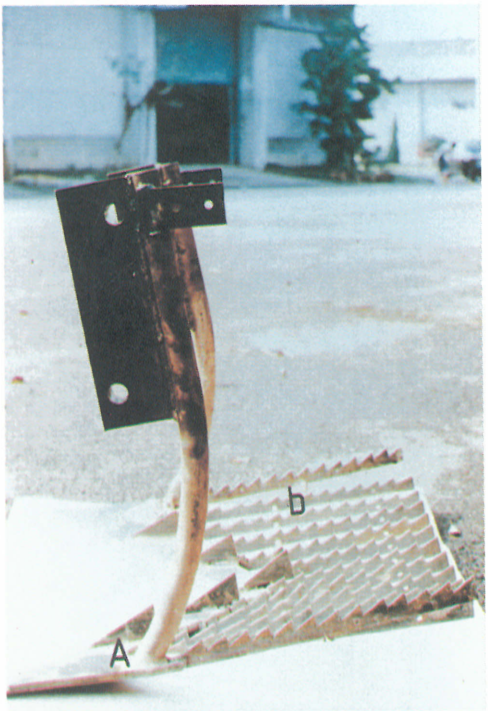


圖 4　振動掘起犁　(A)犁板　(B)鋸齒導桿

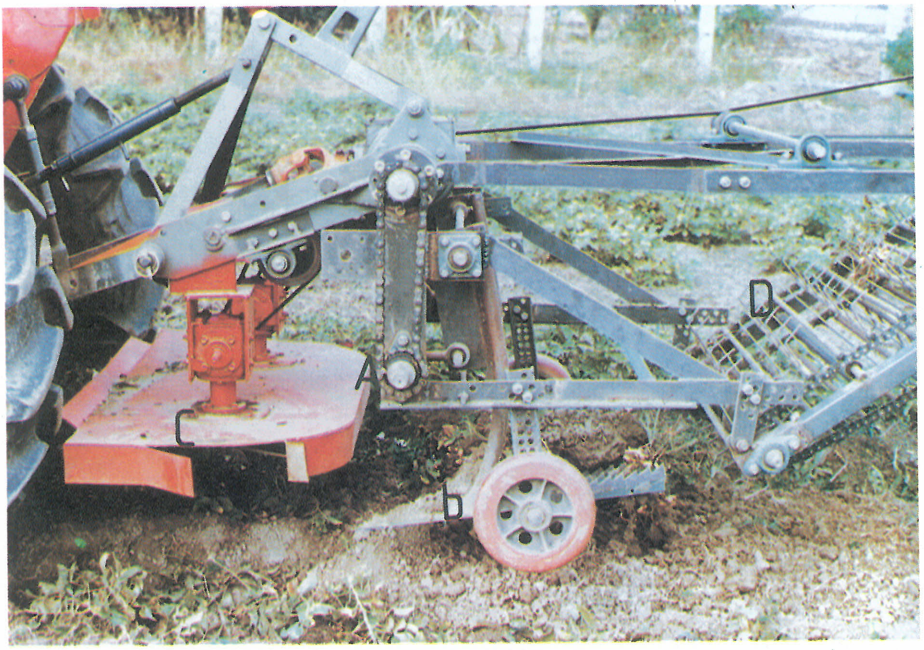


圖 5　振動產生裝置與其他機構
(A)偏心輪　(B)導輪　(C)排蔓口　(D)檢拾柵鏈

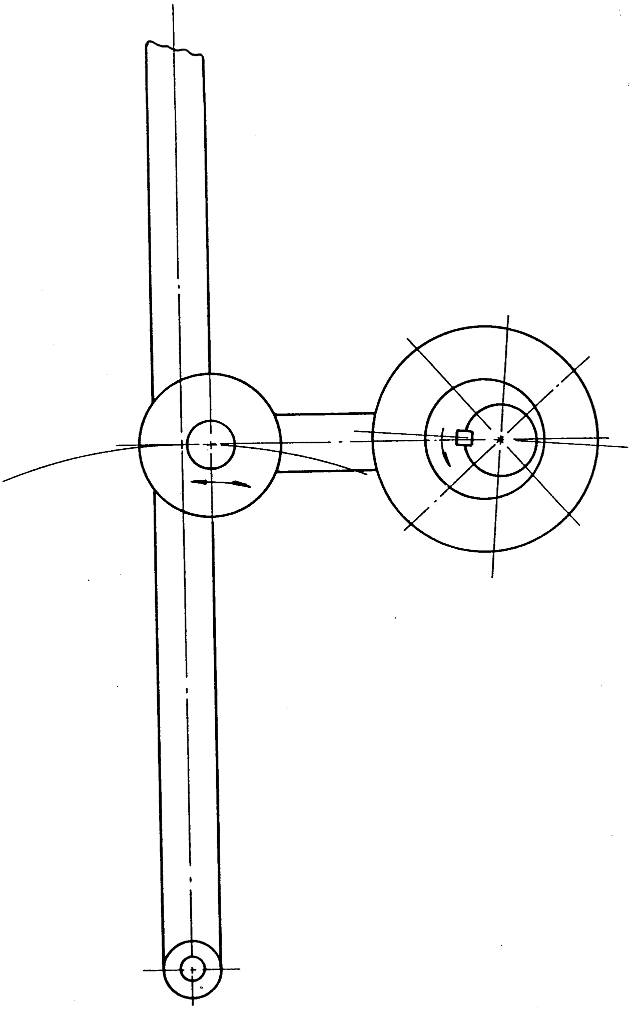


圖 6　振動產生裝置示意圖

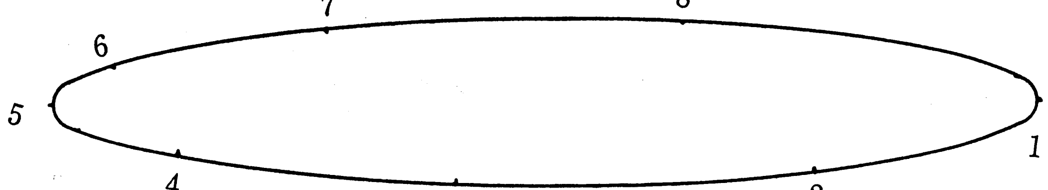


圖 7　挖掘犁之運動軌跡

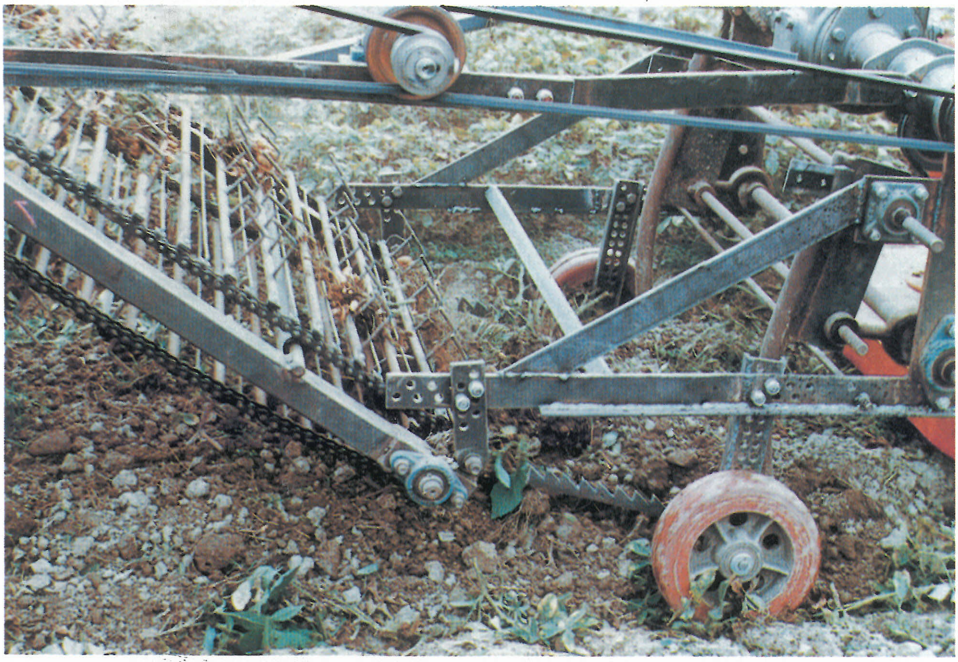


圖 8 檢拾柵鏈

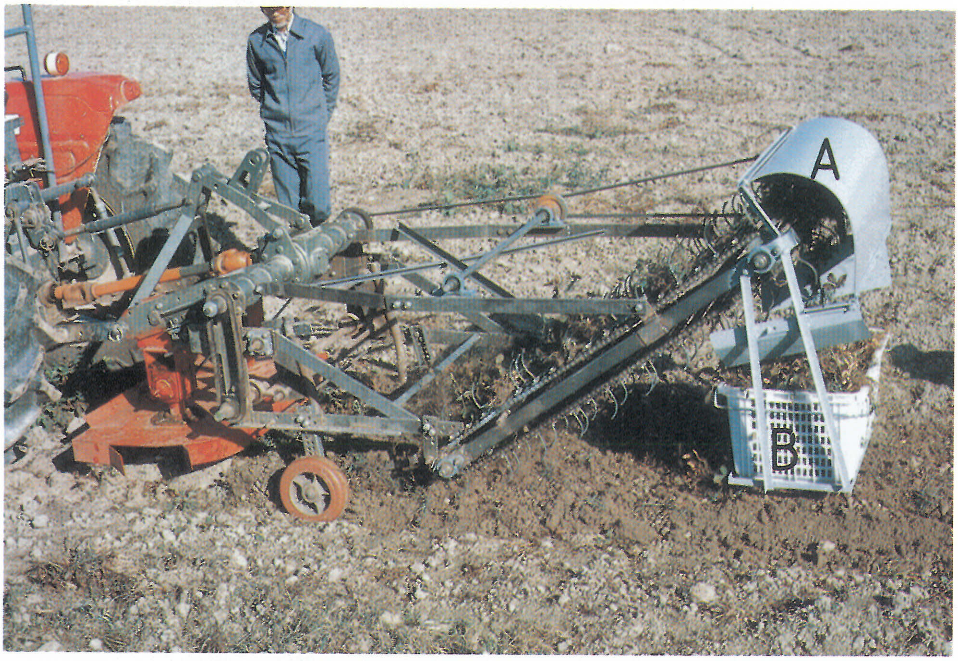


圖 9 集箱裝置 (A)導引板 (B)收集箱

圖10　花生切蔓處理前後之比較

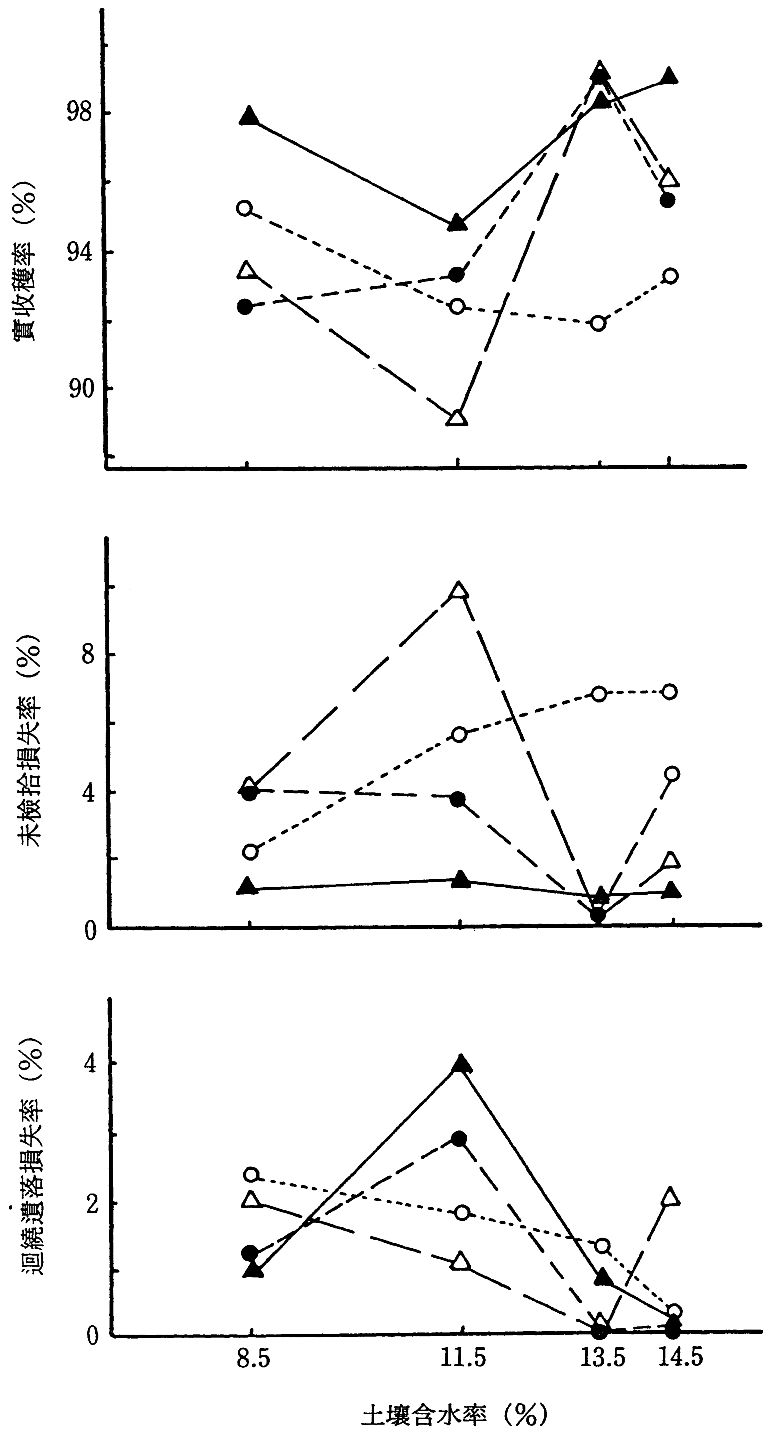


圖11　落花生收穫機田間作業性能

結 論

爲解決落花生之收穫問題，農試所著開發研究兩段式曳引機牽引式落花生收穫機。其工作項目爲切蔓、挖掘、檢拾、清潔、收集等作業一貫化。因爲此機型爲曳引機附屬農具、具有設備簡易，結構簡單，成本低廉與容易操作等特點。其田間操作僅需利用40馬力之曳引機。其振動犁挖掘設計更可適用多種淺根根類作物。此型之收穫設備若在泛用性方面加強研究，則對小農區之各型淺根類作物收穫工作有廣乏之用途，且可降低作業成本。

參考文獻

1. 陳加忠，周廷弘，陸龍虎，1989，打擊式落花生脫莢機性能之研究. 中華農業研究，38(1)：140—155。
2. 陸龍虎，賴建洲，陳加忠，1989，螺旋式落花生脫莢裝置性能之探討與脫莢物性分析. 農業工程學報，35(2)79-86。
3. 陳加忠，賴建洲，1990，雜量收穫機械使用成本之研究. 農業工程學報36(1)：52-59。
4. 馮丁樹，林金燉，1990，兩段式落花生收穫機之研製，農委會80年度農建計畫。
5. 杜金池，梁連勝，1989，農試型花生聯合收穫機之研究開發，臺灣農業25(1) ：47-51。
6. Bilanski, P; H. White, R. C. Roy and W.D. Gravam, 1989, High-moisture Peanut harvester, APPLIED ENG in AGRICULTURE. Vol 5(4):457-462.
7. Kepner, R. A; R. Bainer and E. L. Barger, 1982, Principles of Farm Machinery, AVI. Publ.

A study on the Tractor-mounted Peanut Harvester[1]

C. C. Chen, L. H. Lu, T. H. Chow[2]

Summary

A single-row, tractor-mounted peanut harvester capable of harvesting peanuts was developed by researchers at the Taiwan Agricultual Research Institute. The vine-cutting mechanism and vibrating plow were the specific designs of this equipment. This machine cutted the vines from the taproot digged it from the ground by vibrating plow, and then seperated and cleaned soil debris from the plants using conveying grid-chains. The simplicity, low cost and easy operation were the characteristics of this machinery. This equipment can serve as the universal harvester for shallow root crop harvesting with minimum modification.

key words : Tractor-mounted, Peanut harvester, Vibrating plower.

1. Contribution No. 1565 from Taiwan Agricultural Research Institute, Taiwan, R. O. C.
2. Associate researcher, Assistant, TARI, Taichung, Taiwan R. O. C.